

## Pencirian Hidrokimia Air Tanah dan Air Bawah Tanah di Kerpan Kedah (Hydrochemical Characterization of Soil Water and Groundwater of Kerpan Kedah)

UMAR HAMZAH, YONG CHENG YEU, BASHILLAH BAHARUDIN & ABDUL RAHIM SAMSUDIN

### ABSTRAK

*Analisis kimia air telah dilakukan terhadap larutan yang diekstrak daripada 85 sampel tanah yang dipungut di kawasan ternakan udang harimau di Kerpan. Sampel tanah dikorek pada kedalaman 2 m bermula dari garis pantai sehingga 20 km ke arah daratan. Selain daripada tanah, air bawah tanah juga disampel dengan penggerudian yang berkedalaman 10 hingga 25 m untuk dilakukan analisis kimia air. Hasil analisis hidrokimia larutan yang diekstraksi dari sampel tanah yang diambil pada kedalaman 1-2 m menunjukkan kepekatan klorida berjulat dari 12 hingga 6,500 mg/L. Berdasarkan kepekatan ion tersebut, kawasan kajian telah dibahagikan kepada beberapa zon iaitu zon masin dan payau. Kepekatan pepejal terlarut yang diukur adalah dalam julat 100 hingga 40,000 mg/L dengan julat ini merangkumi zon berair segar hingga masin. Zon berair masin yang ditafsir berdasarkan kepekatan pepejal terlarut adalah dalam lingkungan 1 km dari pantai manakala berdasarkan kepekatan klorida sempadan ini adalah di sekitar 4-5 km. Kehadiran air masin boleh berasal daripada penerobosan langsung dari laut ataupun melalui proses air pasang-surut di mana air laut masuk melalui sungai atau terusan berhampiran ke kawasan kajian. Kehadiran air masin juga disokong oleh pertambahan kepekatan unsur-unsur seperti natrium, kalium dan kalsium ke arah laut. Berdasarkan peta taburan spatial kepekatan klorida, pola kontur kemasinan tinggi didapati mengikut bentuk kolam ternakan udang. Oleh itu besar kemungkinan pengaruh air masin adalah daripada proses infiltrasi air kolam ke kawasan sekitar. Untuk melihat sama ada proses penerobosan juga turut memainkan peranan dalam mempengaruhi kemasinan di kawasan kajian, sampel air dari lubang gerudi pada kedalaman 10-25 meter juga turut dibuat. Sampel air yang dipam dari lubang gerudi menunjukkan kepekatan klorida dalam julat 2,030 hingga 13,000 mg/L manakala kepekatan pepejal terlarut berjulat 3,233 hingga 9,280 mg/L. Berdasarkan nilai kepekatan klorida dan pepejal terlarut sampel air lubang gerudi, kawasan di sekitar lubang gerudi khususnya pada jarak hampir 1 km dari pantai telah tercemar dengan kesan penerobosan air laut.*

*Kata kunci: Tanah; air bawah tanah; kemasinan; intrusi air laut*

### ABSTRACT

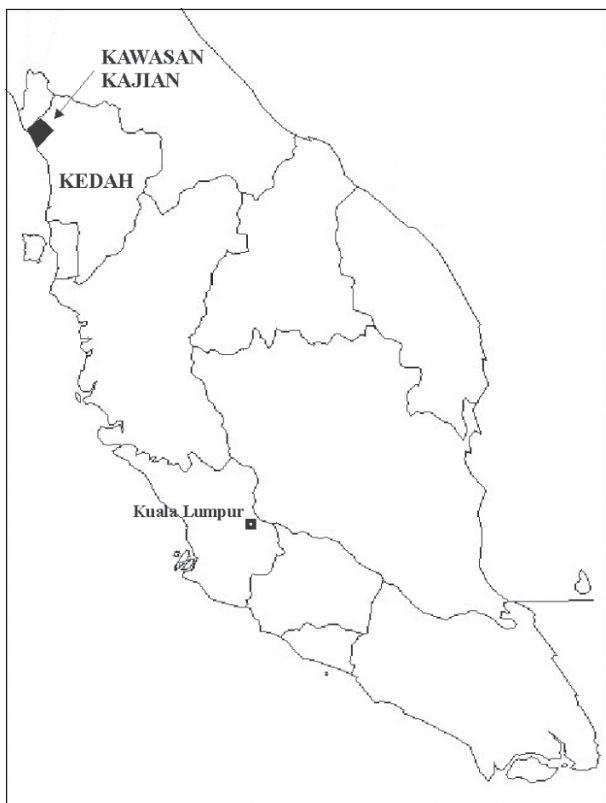
*Chemical analysis was carried out on solution extracted from 85 soil samples collected at a prawn aquaculture in Kerpan. These soil samples were taken at depths of about 2 m by using hand auger. Localities of samples were along several parallel lines which are perpendicular to the coast to about 20 km towards inland. Water samples were also collected from boreholes drilled at depths of 10 to 25 m for chemical analysis. Hydrochemical data of water extracted from soil samples taken from depths of 1-2 m show chloride concentrations ranging from 12 to 6,500 mg/L. The wide range of ion concentrations indicates the presence of different type of water which can be classified as fresh to saline. Total dissolved solid values of the water samples also show quite a considerable range of concentrations ranging from 100 to 40,000 mg/L representing fresh to saline type of water. This saline zone is within about 1 km from the coast if interpreted based on total dissolved solid values while the distance is much further towards inland which is 4-5 km based on chloride concentrations. In coastal areas, the presence of salt water can be associated with direct intrusion of sea water into the underground water system or it can be contributed from the infiltration of sea water through the rivers or canals during high tides into the coastal plain. The presence of salt water is supported by the increase in the concentration of sodium, potassium and calcium towards the sea. Based on spatial distribution map of chloride concentration, high salinity contour seems to follow the shape of the aquaculture ponds in the study area indicating some possibility of infiltration of sea water in the pond into the neighbouring areas. Water samples from boreholes drilled to depths of 10 to 25 m were taken and analysed in order to detect for any influence of sea water intrusion into the salinity of groundwater in the study area. Borehole water samples show chloride concentration ranging from 2,030 to 13,000 mg/L while the concentration of total dissolved solid ranges from 3,233 to 9,280 mg/L. The high chloride and total dissolved solid concentrations in the samples indicate the areas near the boreholes or within 1 km from the coast were contaminated due to the intrusion of sea water.*

*Keywords: Soil; groundwater; salinity; seawater intrusion*

## PENDAHULUAN

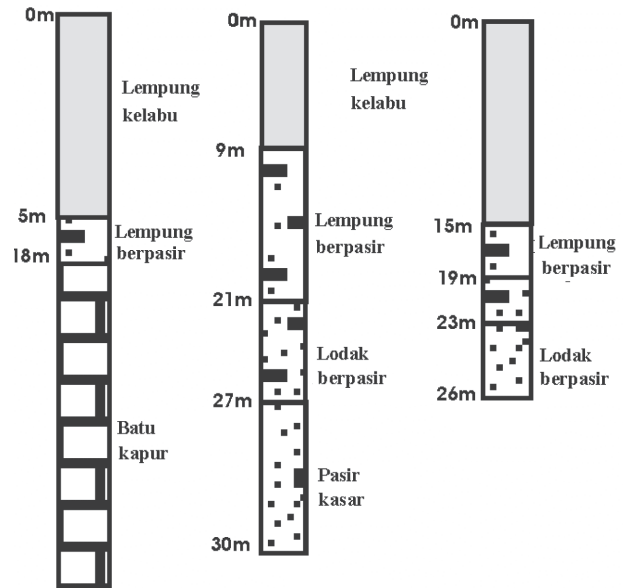
Soed (2002) dan Mustafa (2002) telah melaporkan bahawa kawasan Kerpan terutama di bahagian ternakan udang harimau (Rajah 1) telah mengalami intrusi dan infiltrasi air masin sama ada secara langsung dari laut atau kolam ternakan itu sendiri. Penemuan tersebut diperolehi hasil daripada analisis air beberapa sampel daripada lubang gerudi di kawasan kajian disokong oleh survei keberintangan geoelektrik menegak dan survei keberintangan 2-D. Untuk melihat kesan kemasukan air masin di kawasan kajian secara menyeluruh, pensampelan secara bergrid sebesar 1-1.5 km telah dibuat bermula daripada tepi pantai hingga 20 km ke arah pendalaman oleh Yeu (2003). Kajian kemasinan terutama di kawasan dataran pantai dan yang bersungai dengan teknik analisis geokimia air memang telah banyak dilakukan oleh pengkaji-pengkaji seperti Hamzah et al. (2002) dan Samsudin et al. (1997) yang telah menjalankan kajian di pantai timur Semenanjung Malaysia. Manakala Sapari dan Awang (1996) telah melaporkan kajian hiderogeologi secara menyeluruh termasuk analisis air bawah tanah di kawasan pantai barat Malaysia. Kajian tersebut di atas melibatkan penyiasatan kemasukan air laut ke arah daratan akibat daripada pengepamam berlebihan air bawah tanah untuk penggunaan secara domestik di kawasan perindustrian dan perladangan yang terletak di pinggir pantai.

Geologi am bahagian Kedah utara telah ditulis oleh Jones (1978). Kawasan kajian secara amnya ditutupi oleh



RAJAH 1. Lokasi kajian

lapisan aluvium yang berusia Kuaterner dan terdiri daripada sedimen marin jenis lempung, lempung berpasir dan pasir. Berdasarkan data lubang gerudi, lapisan aluvium ini menindih batuan dasar yang terdiri daripada batu kapur Formasi Cuping yang berusia Perm. Ini dapat dibuktikan dengan penemuan batu kapur yang tertimbus di bawah lapisan aluvium di Kampung Bonglai Besar berhampiran dengan kawasan kajian. Batu kapur juga ditemui daripada data lubang gerudi GS484 dan GS518 (Soed 2002). Jujukan litologi data lubang gerudi GS484 ditunjukkan dalam Rajah 2.

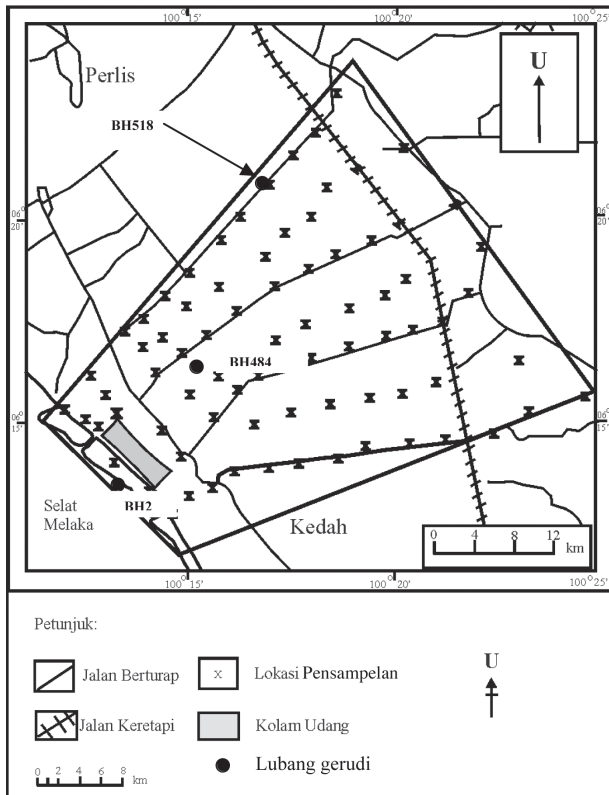


RAJAH 2. Profil tanah dan batuan

## PENSAMPELAN DAN ANALISIS

Pensampelan tanah dilakukan secara sistematik dengan menggunakan kaedah penggridan segiempat sama di kawasan kajian. Pensampelan tersebut dilakukan di sepanjang tujuh garis rintisan bermula daripada tepi pantai sejauh 20 km ke arah pendalaman (Rajah 3). Jumlah sampel yang dikutip ialah 85 dengan jarak pensampelan purata 1.5 km. Kodinit pensampelan dicatatkan dengan alat sistem penentuan kedudukan global (Global Positioning System). Sampel tanah diambil menggunakan auger tangan dari kedalaman 1.5-2.0 m. Sampel tersebut seterusnya dikeringkan di makmal selama beberapa hari pada suhu bilik. Setelah kering, sampel tanah tersebut dihancurkan dengan lesung tangan dan pengetuk yang dibuat daripada plastik. Tanah yang telah dihancurkan diayak dengan pengayak bersaiz 355 mm. Serbuk hasil ayakan dicampur dengan air suling sehingga tepu dan diisi ke dalam botol kedap udara selama 24 jam. Untuk mengekstrak air daripada tanah, kuantiti sampel serbuk yang diperlukan ialah 300 gram untuk dicampurkan dengan air suling sebelum diekstrak. Air yang diekstrak kemudiannya dianalisis dengan bantuan peralatan makmal menurut prosedur konvensional. Jumlah pepejal terlarut ditentukan dengan alat konduktiviti/TDS manakala alat

Spectrophotometer UV-100-01 digunakan untuk menganalisis kepekatan klorida dan sulfat. Alat Spektrometer serapan atom (AAS) model Perkin Elmer As 91 pula digunakan untuk menghitung kepekatan Kalsium dan magnesium manakala alat Fotometer Nyalaan Api (FP) model Corning 410 digunakan untuk menganalisis Kalium dan natrium. Penentuan Bikarbonat dibuat melalui teknik penitratan.



RAJAH 3. Lokasi pensampelan tanah

Bagi pensampelan air tanah dalam lubang gerudi, sebanyak tujuh lubang gerudi telah dibina dengan teknik penggerudian rotary dengan menggunakan mesin penggerudian model YWE (Bashillah Baharudin 2005) pada 5-17 Ogos 2002. Garis pusat selongsong yang digunakan ialah 8 cm dan paip PVC dipasang setelah penggerudian selesai. Kedudukan lubang gerudi adalah berhampiran dengan pantai sehingga 2 kilometer ke arah pendalaman. Jadual 1 menunjukkan lokaliti penggerudian. Sebelum pensampelan air dibuat, lubang gerudi perlu dibersihkan daripada sebarang kekotoran dan minyak yang terbentuk semasa penggerudian. Proses pembersihan ini dilakukan dengan mengepamkan semua air keluar daripada lubang gerudi. Pensampelan hanya dibuat setelah air liang yang baru memenuhi lubang gerudi hingga ke paras asal. Sebelum pensampelan air dibuat, beberapa pengukuran kekonduksian, kemasinan, kepekatan pepejal terlarut dan pH telah dibuat secara langsung menggunakan peralatan model HACH-44600 conductivity/TDS meter. Sampel air dimasukkan ke dalam botol polietilen. Di samping pengukuran *in situ* dan pensampelan air untuk ujian

JADUAL 1. Lokasi dan kedalaman lubang gerudi

Lubang gerudi	Kedalaman (m)	Lokasi
BH1	26	Rumah Mada Batang Paku
P1	11	Rumah persendirian Matang Paku
P2	11	Sek. Keb. Cina Air Hitam
P3	10	Kunci Air Kuala Tunjang
P4	10	Pintu pagar Akuakultur Kuala Kerpan
P5	11	Kunci air Kuala Sanglang lama
P6	10	Sek. Men. Sanglang

JADUAL 2. Paras air tanah dalam lubang gerudi

Tarikh	Lubang gerudi	Paras air bawah tanah (m)
16 Ogos 2002	BH1	1.33
16 Ogos 2002	P1	0.79
16 Ogos 2002	P2	0.69
16 Ogos 2002	P3	0.62
17 Ogos 2002	P4	0.33
17 Ogos 2002	P5	0.40
20 Ogos 2002	P6	0.53

makmal, paras air bawah tanah juga diukur menggunakan *dip meter*. Paras air bawah tanah yang diukur adalah berkedalaman daripada 0.33 m hingga 1.33 m dari permukaan (Jadual 2). Maklumat paras air tanah adalah penting kerana paras air tanah berubah mengikut musim iaitu tinggi pada musim hujan dan rendah pada musim kemarau. Pada musim hujan, air tanah meningkat ke bahagian permukaan dan melarutkan ion-ion yang terletak di bahagian tersebut. Oleh itu kepekatan bahan terlarut bergantung kepada paras air tanah.

## HASIL DAN PERBINCANGAN

Jadual 3 menunjukkan kepekatan ion dan pepejal terlarut yang diperolehi hasil daripada analisis hidrokimia sampel-sampel tanah manakala Rajah 4 menunjukkan lengkung-lengkung kepekatan kalsium, kalium, magnesium, natrium, klorida, sulfat, bikarbonat dan TDS di sepanjang garis 7 garis rentasan (A-G) daripada tepi laut hingga ke bahagian pendalaman. Kecuali unsur magnesium, taburan unsur-unsur lain menunjukkan pola pertambahan kepekatan ke arah laut dan pengurangan kepekatan ke arah pendalaman. Lengkung taburan kalium dan natrium menunjukkan pola yang hampir sama iaitu peningkatan kepekatan secara mendadak pada kedudukan lokasi kurang daripada 2 km dari pantai. Pada jarak ini, kepekatan natrium dan kalium masing-masing dalam lingkungan 1,000-3,000 mg/L dan 100-600 mg/L. Berdasarkan Davies dan DeWiest (1966), nilai natrium dan kalium air laut ialah di sekitar 10,560 mg/L dan 380 mg/L. Oleh itu dapat disimpulkan bahawa kawasan yang berjarak kurang daripada 2 km daripada pantai besar kemungkinan telah mengalami penerobosan atau infiltrasi air laut. Manakala lengkung taburan kalsium

JADUAL 3. Kepekatan anion dan kation sampel tanah

Sampel	Kepekatan ion dan pepejal terlarut ( mg / L )							
	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	TDS	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
A1	2242.50	540.00	690.20	1090.00	1350	240.0	27450	1050
A2	527.50	15.70	397.60	1316.00	142.8	0.0	7440	1050
A3	790.00	221.20	680.40	972.00	249.9	0.0	7300	1800
A4	1132.50	5.80	331.80	2110.00	472.6	0.0	13690	2100
A5	790.00	88.90	504.00	1052.00	222.4	120.0	6770	1200
A6	152.00	59.20	72.70	254.00	350	80.0	1610	1200
A7	100.80	41.40	98.50	120.00	55.6	120.0	1280	1050
A8	92.80	17.60	66.20	108.00	27.8	120.0	1130	2250
A9	50.40	13.70	22.10	134.00	62.5	80.0	790	1050
A10	84.00	21.60	14.40	130.00	75	40.0	920	450
A11	92.80	17.60	8.00	84.00	162.5	80.0	1000	1350
A12	59.20	11.70	1.35	196.00	25	120.0	8100	14750
A13	16.80	5.80	1.35	1.74	25	120.0	900	1950
B1	50.40	3.80	14.20	1660.00	25	0.0	7920	1650
B2	126.40	78.90	17.10	474.00	100	200.0	2280	2700
B3	176.80	25.50	15.10	68.00	50	200.0	1570	1350
B4	117.60	71.00	46.80	650.00	25	200.0	2820	22500
B5	92.80	5.80	14.65	706.00	25	0.0	3760	1350
B6	41.60	3.80	5.55	880.00	12.5	0.0	7930	11750
B7	100.80	13.70	30.85	242.00	150	160.0	1530	1200
C1	2110.00	490.00	513.80	952.00	2200	240.0	18820	1800
C2	315.00	27.50	42.00	178.00	812.5	120.0	2250	1200
C3	422.50	67.10	243.60	294.00	1562.5	320.0	4010	1200
C4	262.50	86.80	551.60	630.00	412.5	160.0	3420	1950
C5	130.00	11.70	548.80	364.00	112.5	80.0	2570	1200
C6	92.80	5.80	46.60	994.00	62.5	0.0	4490	1350
C7	16.80	7.80	2.70	19.50	12.5	120.0	180	1050
C8	67.20	3.80	27.70	1680.00	50	0.0	8080	11250
C9	92.80	25.50	26.80	26.00	125	160.0	680	1200
C10	59.20	5.80	21.60	1152.00	37.5	0.0	7590	11000
C11	126.40	35.40	20.50	782.00	37.5	0.0	3370	1050
C12	59.20	9.70	1.35	370.00	37.5	0.0	10210	22000
C13	24.80	3.80	1.35	0.50	25	120.0	950	2550
D1	3036.00	388.0	800.80	1880.00	6650	320.0	43350	1650
D2	500.00	88.80	252.00	434.00	1875	400.0	3950	600
D3	552.50	104.60	532.00	674.00	1325	400.0	4930	525
D4	367.50	13.70	579.60	996.00	1325	360.0	4420	225
D5	185.00	45.30	649.60	20.00	275	360.0	2260	150
D6	126.40	1.80	30.80	1874.00	87.5	0.0	6440	10000
D7	219.20	41.40	50.00	934.00	225	280.0	4030	525
D8	76.00	31.50	73.60	234.00	37.5	360.0	1090	300

menunjukkan peningkatan kepekatan dari pantai sehingga 6 km ke daratan dengan nilai maksimum di sekitar 650 mg/L. Berdasarkan Davies dan DeWiast (1966) juga, kepekatan kalsium dalam air laut ialah 400 mg/L. Oleh sebab unsur kalsium boleh juga disumbangkan daripada sisa-sisa cangkang hidupan laut yang berada dalam lempung lautan kuno yang dianggarkan menganjur dari 6-8 km dari pantai ke pedalaman, taburan lengkung kalsium tidak boleh digunakan untuk menentukan kadar intrusi dan larut lesap air laut moden. Taburan magnesium tidak menunjukkan sebarang pola dan purata nilai maksimum hanya disekitar 200 mg/L. Nilai ini adalah agak jauh berbanding dengan jumlah kandungan magnesium

dalam air laut iaitu disekitar 1,272 mg/L. Rajah 5 menunjukkan peta kontur kepekatan kalium, natrium, kalsium dan magnesium di kawasan kajian yang menunjukkan pola tipikal pengaruh air laut. Kepekatan bertambah besar di kawasan yang berhampiran dengan pantai.

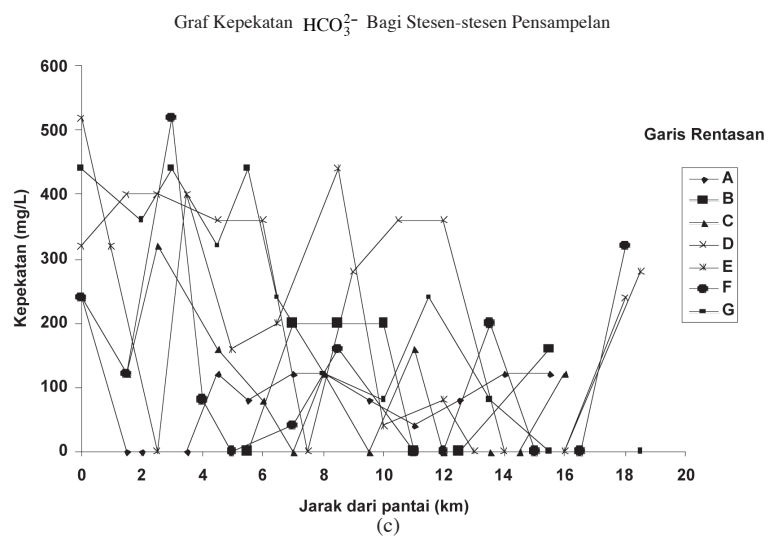
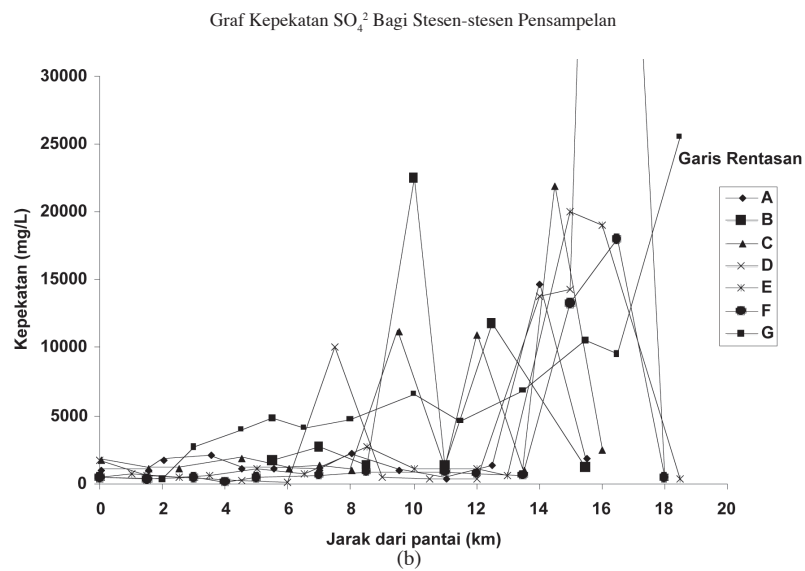
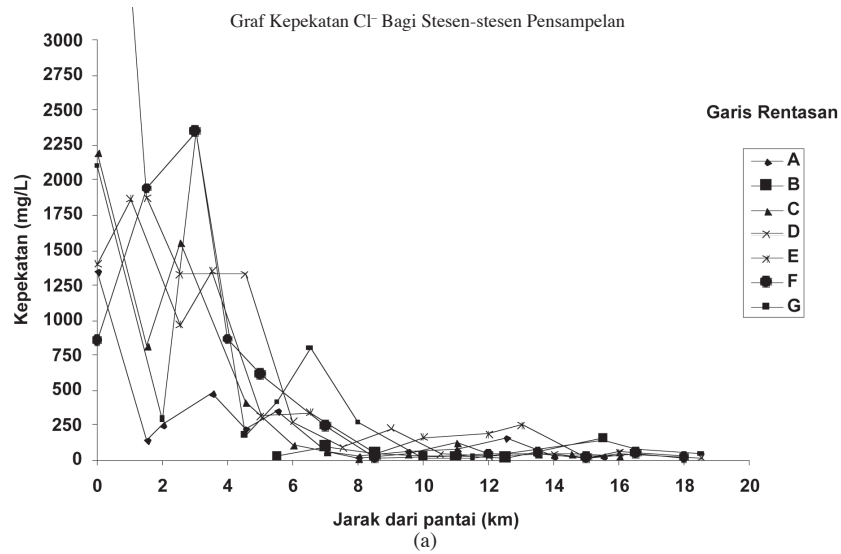
Laporan oleh WHO (1971) menyatakan bahawa kandungan klorida boleh wujud dalam tanah oleh proses luluhawa batu dasar, resapan bahan evaporit, infiltrasi air laut, penyejatan air laut, pembuangan air daripada sektor perindustrian dan kebocoran salur pembuangan. Berdasarkan nilai klorida juga air boleh dikelaskan kepada air tawar, air payau dan air masin di mana air tawar

samb.

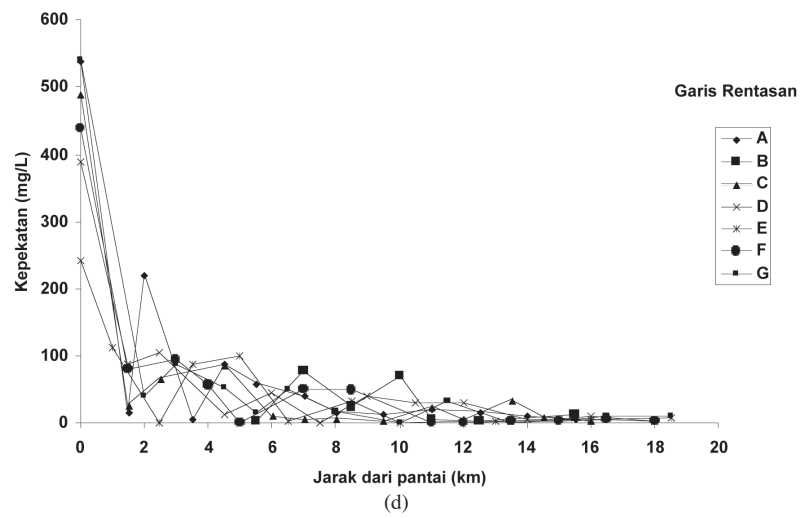
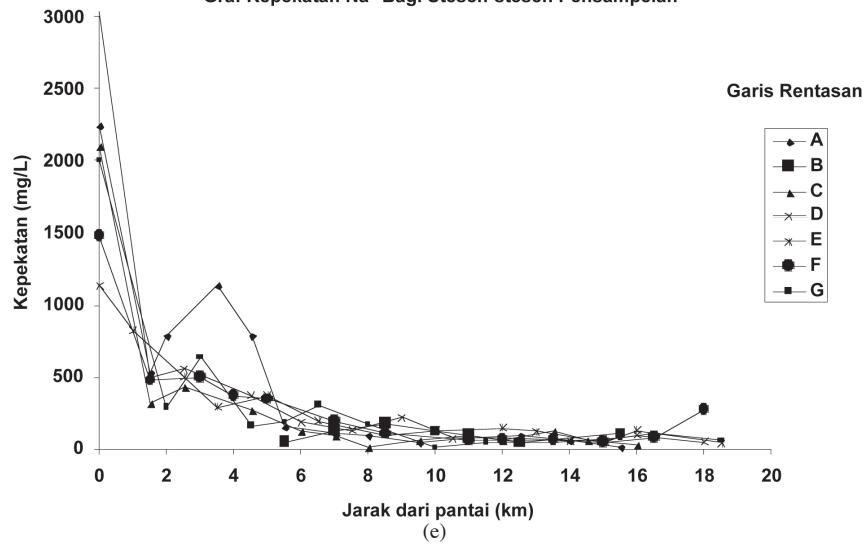
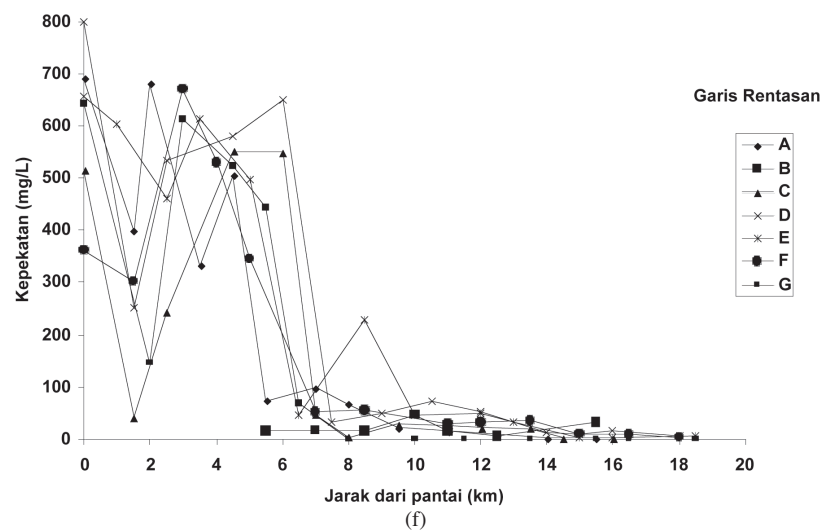
D9	76.00	29.50	53.30	356.00	27.5	360.0	1530	300
D10	59.20	5.80	12.00	940.00	41.5	0.0	7870	13750
D11	67.20	5.80	8.80	1254.00	16.6	0.0	8610	14250
D12	92.80	9.70	14.30	1036.00	58.1	0.0	5240	90000
D13	50.40	3.80	5.75	5.96	25	240.0	160	450
E1	1132.50	242.50	658.00	1104.00	1400	520.0	11350	450
E2	817.50	112.50	602.00	728.00	1862.5	320.0	7640	750
E3	500.00	1.80	460.60	1316.00	962.5	0.0	6230	450
E4	290.00	88.60	614.60	720.00	1350	400.0	3990	600
E5	367.50	100.70	498.40	1051.00	312.5	160.0	4370	1050
E6	193.60	3.80	46.10	1240.00	337.5	200.0	4710	750
E7	92.80	33.50	227.80	252.00	37.5	440.0	1740	2700
E8	126.40	1.80	46.10	846.00	162.5	40.0	3880	1050
E9	143.20	3.80	48.60	1026	187.5	80.0	4320	1050
E10	117.60	3.80	33.50	1360.00	250	0.0	5480	600
E11	50.40	5.80	1.35	704.00	12.5	0.0	6300	20000
E12	126.40	5.80	1.35	524.00	50	0.0	8170	19000
E13	41.60	7.80	7.35	7.14	18.9	280.0	180	300
F1	1477.50	440.00	362.60	772.00	850	240.0	12420	450
F2	475.00	80.90	302.40	522.00	1937.5	120.0	4320	300
F3	500.00	94.70	670.60	982.00	2350	520.0	5450	450
F4	367.50	57.20	529.20	1250.00	862.5	80.0	4950	150
F5	342.50	1.80	344.40	2016.00	612.5	0.0	7730	450
F6	193.60	51.20	51.50	946.00	237.5	40.0	3700	600
F7	100.80	49.30	54.70	848.00	12.5	160.0	2990	900
F8	59.20	1.80	30.40	898.00	25	0.0	4680	900
F9	67.20	1.80	31.50	1482.00	37.5	0.0	5810	750
F10	67.20	3.80	34.90	1338.00	50	200.0	5280	600
F11	50.40	3.80	10.60	1414.00	12.5	0.0	7510	13250
F12	84.00	5.80	8.70	1604.00	50	0.0	10150	18000
F13	269.60	3.80	2.85	2.10	12.6	320.0	80	440
G1	2005.00	540.00	642.60	1064.00	2100	440.0	17860	450
G2	290.00	41.40	145.60	184.00	287.5	360.0	2060	300
G3	632.50	88.80	613.20	704.00	2337.5	440.0	5170	2650
G4	157.5	53.20	523.60	856.00	175.5	320.0	3500	4000
G5	185.00	15.70	443.80	1316.00	412.5	440.0	4870	4800
G6	304.00	51.20	68.40	1236.00	800	240.0	5080	4100
G7	168.80	17.60	-	1228.00	262.5	120.0	4500	4700
G8	8.00	1.80	-	1244.00	12.5	80.0	5050	6625
G9	50.40	33.50	-	1366.00	12.5	240.0	3770	4583
G10	50.40	1.80	-	1130.00	75	80.0	4900	6833
G11	76.00	5.80	-	1158.00	137.5	0.0	7650	10500
G12	100.80	11.70	-	1134.00	75	0.0	8400	9500
G13	59.20	11.70	-	60.36	37.5	0.0	11210	25500

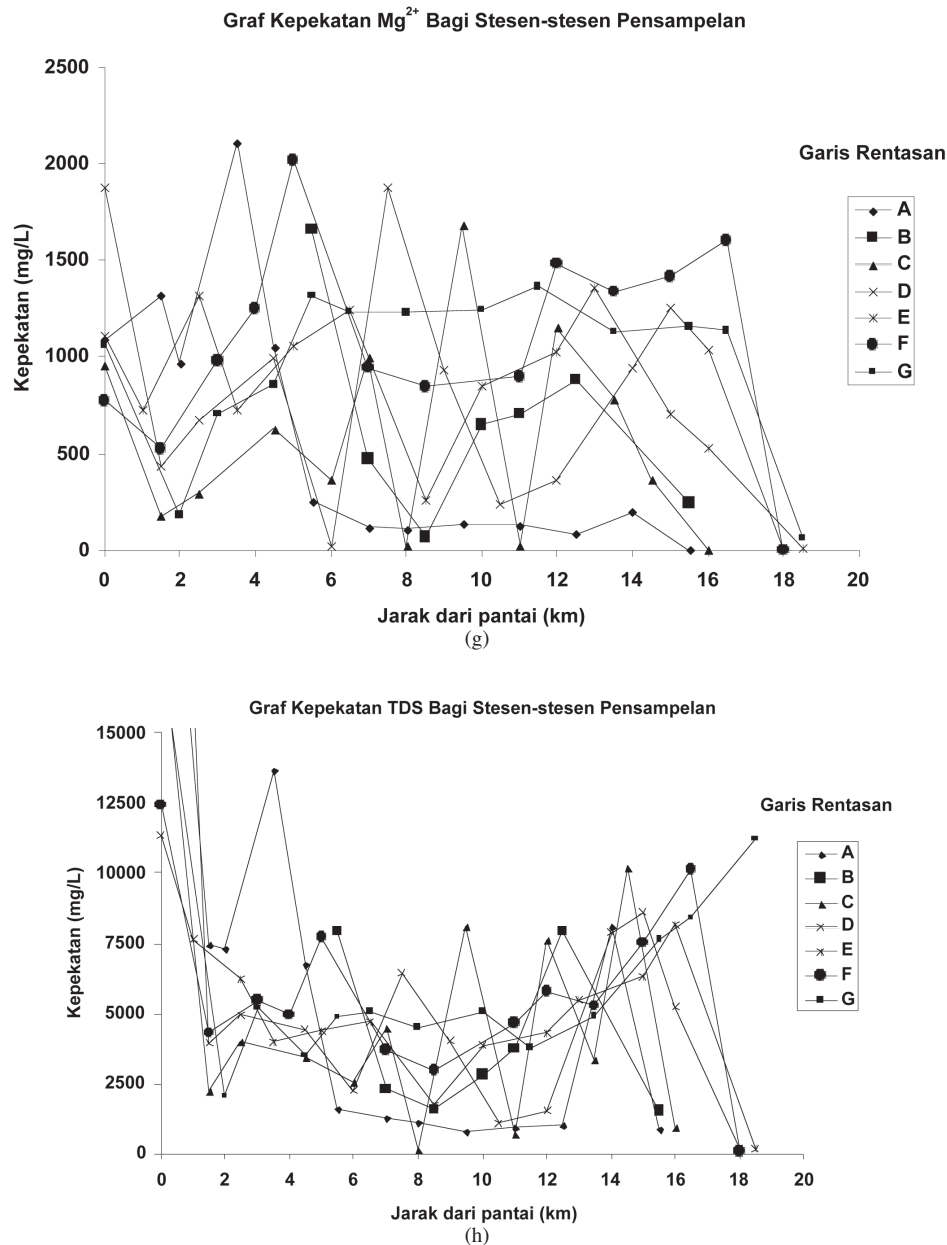
mengandungi klorida kurang dari 250 mg/L sementara air masin menunjukkan nilai klorida melebihi 1,000 mg/L. Cerapan yang dilakukan menunjukkan sampel-sampel yang diperolehi dalam jarak 3 km ke arah pantai menunjukkan nilai kepekatan klorida melebihi 1,000 mg/L iaitu termasuk dalam kategori zon air masin (Rajah 5). Sampel yang diambil dari lokaliti yang lebih jauh dari 3 km termasuk dalam kategori payau dan tawar. Sumber kemasinan dianggarkan daripada intrusi dan sejatan air laut yang berhampiran. Oleh kerana kontur kepekatan klorida yang bernilai 1,000 mg/L tidak berbentuk selari dengan pantai tetapi berbentuk memanjang ke arah daratan, ada

kemungkinan faktor kemasinan disumbangkan oleh kolam ternakan udang yang menggunakan air masin. Air masin akan meresap di sekitar kolam tersebut dan masuk ke dalam aluvium serta menambahkan kemasinan aluvium di sekitar kolam tersebut. Fenomena ini tidak kelihatan pada peta taburan anion yang lain. Lengkung sulfat pula menunjukkan pola yang berlawanan berbanding dengan klorida dimana pertambahan kepekatan dicerap di kawasan yang jauh daripada pantai. Kepekatan di kawasan berhampiran pantai hanya disekitar 1,000-2,000 mg/L dan meningkat menjadi lebih besar daripada 10,000 mg/L pada jarak 8 km dari pantai. Pertambahan kepekatan sulfat di





Graf Kepekatan  $K^+$  Bagi Stesen-stesen PensampelanGraf Kepekatan  $Na^+$  Bagi Stesen-stesen PensampelanGraf Kepekatan  $Ca^{2+}$  Bagi Stesen-stesen Pensampelan



RAJAH 4. Graf kepekatan unsur a)  $Cl^-$ , b)  $SO_4^{2-}$ , c)  $HCO_3^{2-}$ , d)  $K^+$ , e)  $Na^+$ , f)  $Ca^{2+}$ , g)  $Mg^{2+}$  dan h) TDS

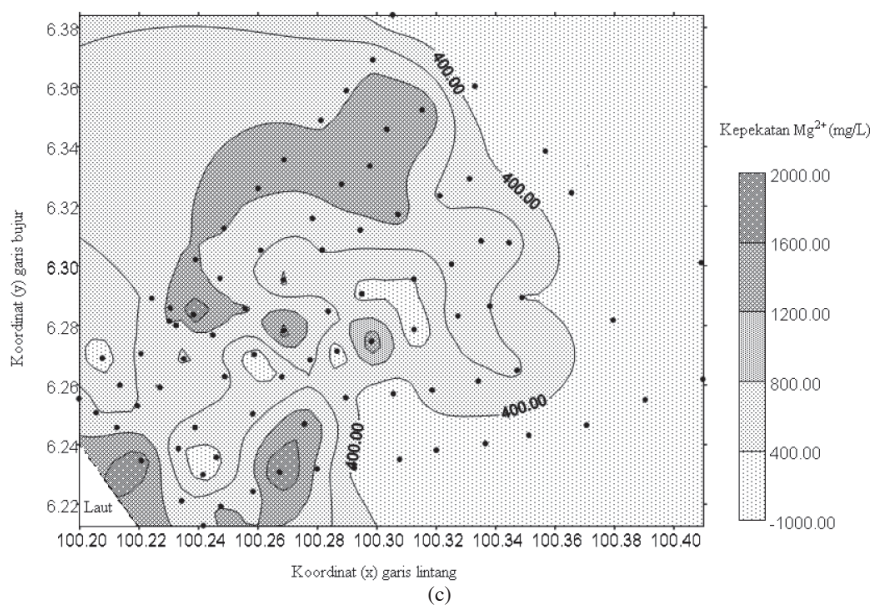
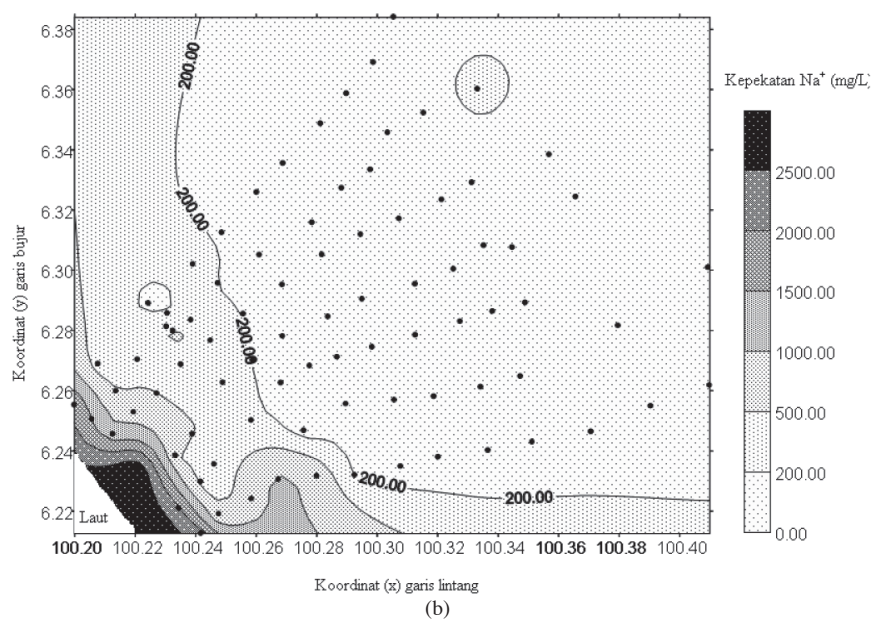
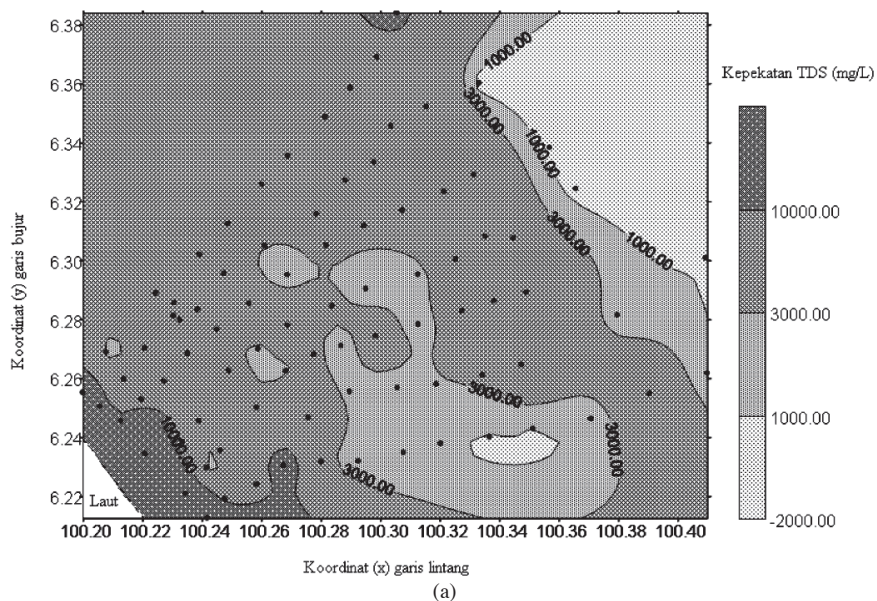
kawasan pendalaman mungkin dipengaruhi oleh aktiviti pembajaan dalam pertanian. Lengkung taburan bikarbonat tidak menunjukkan sebarang pola dan berkepekatan dalam julat di antara 0-400 mg/L. Kepekatan bikarbonat besar kemungkinan disumbangkan oleh batu dasar di kawasan kajian yang terdiri daripada batu kapur. Rajah 5 juga menunjukkan peta kepekatan sulfat dan bikarbonat di kawasan kajian dimana zon air masin, payau dan tawar dapat dikategorikan dengan baik berdasarkan peta kepekatan klorida. Peta kepekatan bikarbonat tidak menunjukkan sebarang pola manakala peta kepekatan sulfat juga tidak boleh digunakan untuk pengezonan kemasinan air tanah.

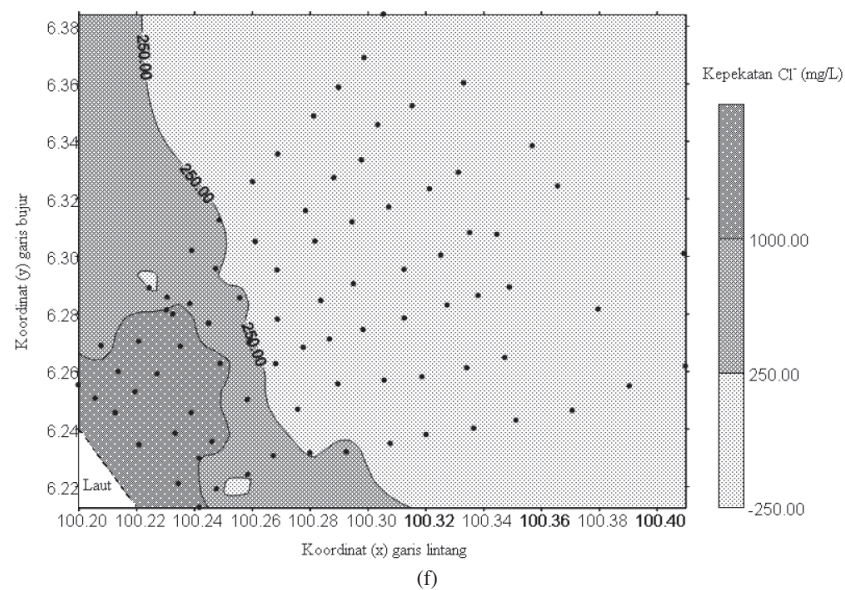
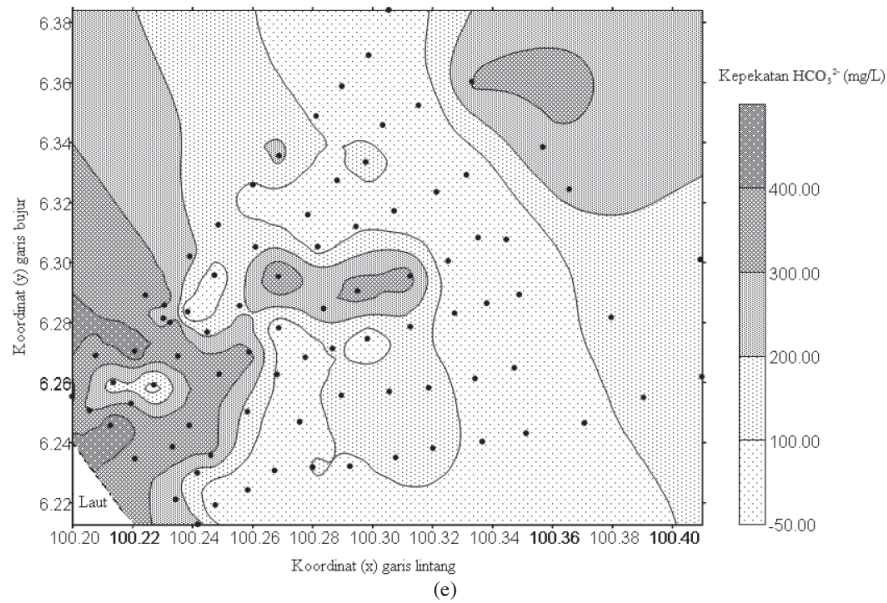
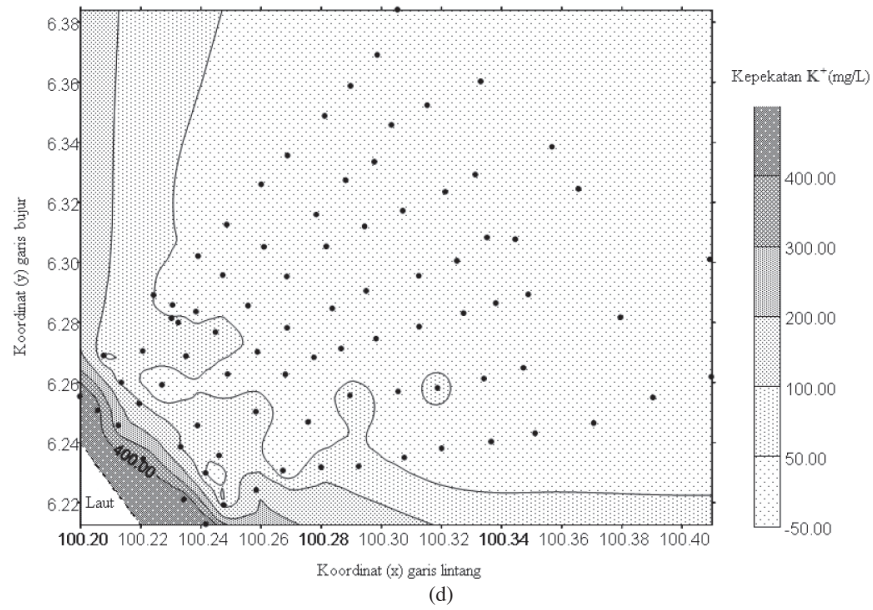
Pentafsiran berdasarkan kepekatan pepejal terlarut dalam sampel air tanah di kawasan kajian dibuat berdasarkan pengelasan Davies dan DeWiast (1966) dan

Philbert (1982). Air masin mengandungi kepekatan pepejal terlarut yang berjulat 10,000-100,000 mg/L manakala air tawar mengandungi kepekatan pepejal terlarut kurang daripada 1,000 mg/L. Cerapan analisis menunjukkan kebanyakan rintisan menunjukkan nilai kepekatan yang amat tinggi berhampiran dengan pantai dan berkurang ke arah daratan. Julat nilai kepekatan pepejal terlarut mencapai 43,350 mg/L dalam lingkungan 1 km dari pantai. Zon air tawar pula terletak pada jarak 16 km dari pantai. Rajah 5 juga menunjukkan taburan zon air masin berdasarkan kepekatan pepejal terlarut (TDS) dimana zon air masin terletak pada jarak 1 km dari pantai dan air tawar terletak pada jarak 16 km dari pantai.

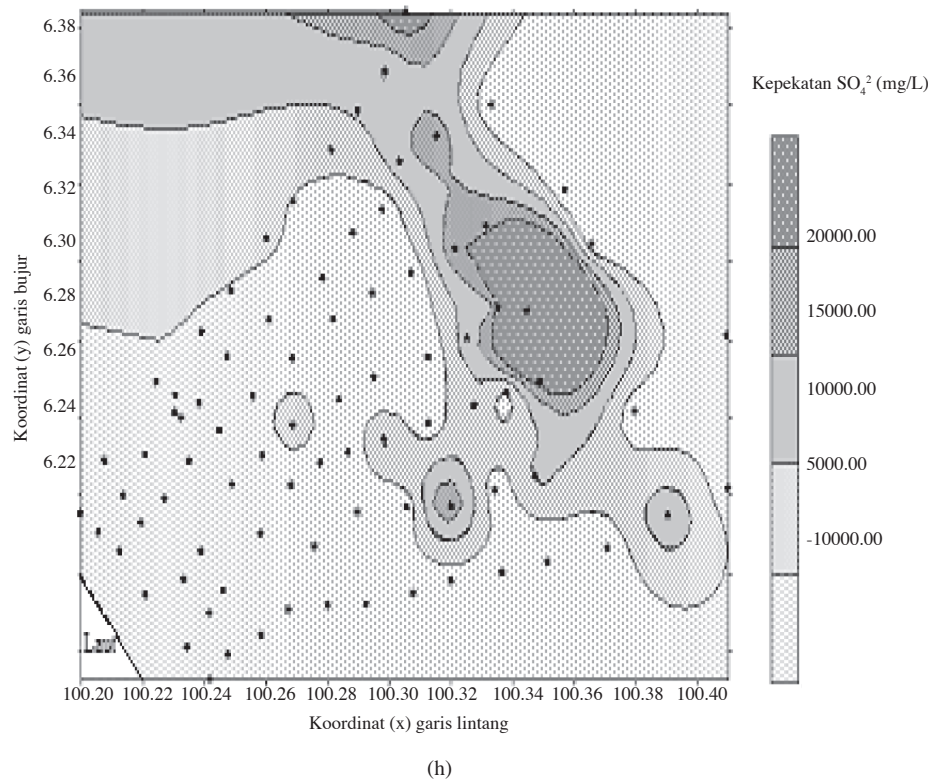
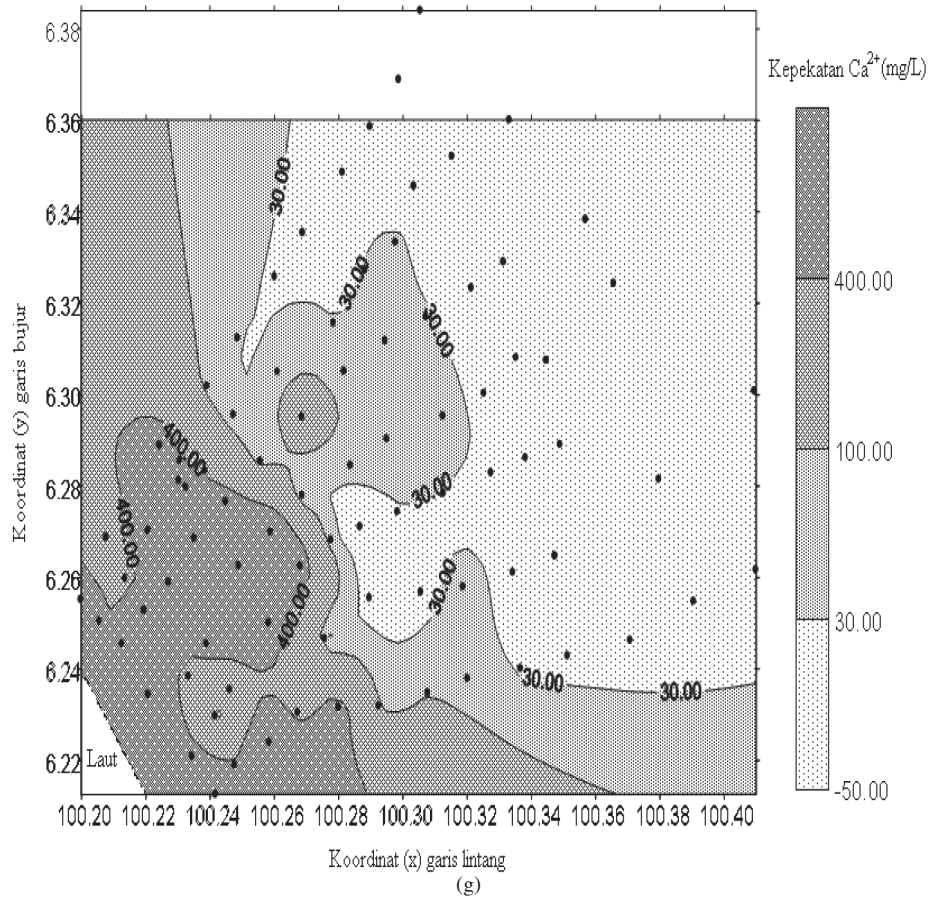
Jadual 4 menunjukkan kepekatan jumlah pepejal terlarut, kekonduksian, kekerasan air dan kemasinan air yang mewakili sampel air dari lubang gerudi di kawasan











RAJAH 5. Peta taburan kepekatan unsur a) TDS, b)  $\text{Na}^+$ , c)  $\text{Mg}^{2+}$ , d)  $\text{K}^+$ , e)  $\text{HCO}_3^{2-}$ , f)  $\text{Cl}^-$ , g)  $\text{Ca}^{2+}$  dan h)  $\text{SO}_4^{2-}$

JADUAL 4. Kekonduksian, TDS, keliatan dan kemasinan air bawah tanah

Telaga	Kekonduksian $\mu\text{S}/\text{cm}$	TDS $\text{mg}/\text{L}$	Keliatan	Kemasinan
1	6690	5146	1	0.0
2	4850	3233	9	-
3	11450	6650	6	6.5
4	10320	6880	1127	5.8
5	15470	9280	416	9.1
6	13040	7470	173	7.3
7	11670	6910	171	6.9

JADUAL 5. Kepekatan anion-kation dalam air bawah tanah

Telaga	K	Ca	Na	$\text{SO}_4$	$\text{HCO}_3$	Cl
1	43.6	0.4	2400	340	271	9759
2	0.8	1.0	205	301	1224	2030
3	1.4	0.6	1746	384	1122	9389
4	1.8	148.1	1850	205	1306	9396
5	1.9	27.8	1292	241	1714	12877
6	2.2	69.0	964	54	1265	11389
7	1.3	68.6	398	20	1775	6231

kajian. Air tanah yang dipam dari kawasan pantai tersebut mempunyai nilai kekonduksian elektrik disekitar 6,690 ms/cm hingga 15,470 ms/cm sedangkan kekonduksian yang melebihi 1,000 ms/cm telah dianggap sebagai kawasan yang mengalami gejala intrusi air masin (Kim et al. 2003). Kebanyakan air tanah di pinggir pantai dianggap sebagai berair masin manakala air tanah dari kawasan pendalaman berjenis segar. Selain daripada faktor ketinggian nilai kekonduksian, intrusi air masin juga dibuktikan dengan nilai jumlah pepejal terlarut (TDS) yang berjulat dari 3,233 mg/L hingga 9,280 mg/L di mana berdasarkan Fetter (2001), air tanah di kawasan ini boleh dikelompokkan kepada berjenis air payau. Air yang mengandungi jumlah kepekatan TDS melebihi 10,000 mg/L adalah jenis air masin. Jadual 5 pula menunjukkan kepekatan klorida yang dihitung daripada sampel air tanah berjulat dari 2,030 mg/L hingga 12,877 mg/L. Menurut WHO (1971), Kepekatan air tanah di kawasan kajian termasuk dalam kelas air masin kerana melebihi had 1,000 mg/L. Selain daripada itu, kepekatan ion natrium yang seringkali berasosiasi dengan air laut juga didapati tinggi iaitu disekitar 200 hingga 2,400 mg/L. Di samping natrium, kalsium juga menunjukkan pertambahan kepekatan pada sampel yang terletak lebih hampir dengan laut dimana lubang gerudi P3 yang paling hampir dengan laut mempunyai nilai kepekatan 148 mg/L manakala lubang gerudi BH1 dan P1 dan P2 menunjukkan nilai kepekatan yang rendah iaitu 0.4 -1.0 mg/L. Saliniti air tanah dari lubang gerudi berhampiran dengan tepi laut berjulat dari 5.8 hingga 9.1. Julat ini juga menunjukkan bahawa air bawah tanah tersebut telah dipengaruhi oleh air masin.

## KESIMPULAN

Hasil kajian menunjukkan taburan kepekatan ion-ion major dalam larutan yang diekstraksi daripada sampel tanah dan juga sampel air bawah tanah yang diambil dari lubang gerudi mempunyai perkaitan yang rapat dengan air laut di mana kepekatan ion-ion tersebut menunjukkan pola peningkatan ke arah laut dan semakin berkurang ke arah darat. Pola kontur kepekatan klorida sampel tanah menunjukkan bukti yang jelas berlakunya resapan atau pengaruh air laut menerusi kolam ternakan udang yang airnya dipam dari laut. Pola kepekatan klorida bertambah disekeliling kolam ternakan udang sehingga 4 km dari pantai. Faktor resapan air laut menerusi kolam ternakan juga dapat dilihat berdasarkan peta taburan kepekatan natrium, kalsium dan kalium yang menunjukkan pola yang hampir sama. Pola kepekatan jumlah pepejal terlarut, bikarbonat dan sulfat tidak menunjukkan sebarang pola pengaruh air laut. Data kepekatan ion-ion major air lubang gerudi yang dianalisis juga menunjukkan pengaruh air laut terutama kepekatan klorida, pepejal terlarut, kekonduksian dan natrium. Oleh sebab sampel air lubang gerudi diambil dari kedalaman 11 hingga 30 m, ada kemungkinan telah berlaku intrusi air laut ke kawasan yang berhampiran dengan laut berdasarkan kepekatan ion-ion major yang diukur melalui sampel lubang gerudi. Oleh sebab lubang gerudi P3-P6 berada pada jarak 900 m dari pantai, dapat disimpulkan bahawa had intrusi air masin adalah hampir 1 km dari garis pantai. Oleh sebab kepekatan ion-ion major sampel tanah juga menunjukkan kadar yang agak tinggi sehingga 4 km dari pantai, ada kemungkinan kemasinan tersebut disumbangkan oleh air laut dari kolam ternakan udang harimau dan jenis aluvium pantai di kawasan kajian yang terdiri daripada endapan aluvium marin. Berdasarkan data lubang gerudi yang dikorek, lempung dan lodak didapati mengandungi serpihan cangkang hidupan laut kuno yang membuktikan bahawa aluvium di kawasan kajian berasal dari endapan lautan berusia *Kuaterner* ataupun lebih tua.

## RUJUKAN

- Bashillah Badarudin. 2005. Penggunaan kaedah geofizik dan geokimia dalam kajian penerobosan air masin di Kerpan, Kedah. Tesis SSn, UKM.
- Davies, S.N. & DeWiest, R.J.M. 1966. *Hydrogeology*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Fetter, C.W. 2001. *Applied hydrogeology*. New Jersey: Prentice Hall.
- Hamzah U., Samsudin A.R. & Mohamad I.C. 2002. Salinity mapping of coastal groundwater aquifer by surface geoelectrical methods: Case studies at Kuala Selangor and Nenasi, Pahang. *Proceedings of Malaysian Science & Technology Congress, Symposium A, Johor Bharu*: 232-243.
- Jones, C.R. 1978. Geology and mineral resources of Perlis, North Kedah and Langkawi Islands. *Geological Survey Malaysia Memoirs* 17.
- Kim, J.H., Kim, R.H., Lee, J. & Chang, H.W. 2003. Hydrogeochemical characterization of major factors affecting

- the quality of shallow groundwater in the coastal area at Kimje in South Korea. *Environmental Geology* 44:478-489.
- Mustafa M. 2002. Kajian keberintangan geoelektrik dan geokimia di kawasan Kerpan, Sanglang, Kedah. *Disertasi sarjana muda*. Program Geologi, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Philbert, F.J. 1982. Major ions. Dlm. *Chemical Analysis of Inorganic Constituents of water*, Jon, C.S.N(Ed). pp 69-128. United States of America: CRC Press, Inc.
- Samsudin A.R., Hamzah U., Rafek A.G., Haryono. J. 1997. Salinity mapping of coastal groundwater aquifers using hydrogeochemical and geophysical methods: A case study of North Kelantan. *Proceedings of International Symposium on Integrated Coastal & marine Resource Management*. Malang, Indonesia: 154-160.
- Sapari N. & Awang M. N. 1996. Alluvial aquifer: A threatened water resource. *Prosiding Seminar Geologi dan Sekitaran: Impak dan Pengauditan*: 85-104.
- Soed S.B. 2002. Kajian geologi dan keberintangan duga dalam geoelektrik di kawasan Kerpan-Ayer Hitam, Jerlun, Kedah. *Disertasi sarjana muda* Program Geologi, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- WHO. 1971. *International standards for drinking water*. Ed. Ke-3. Geneva: WHO.
- Yeu, Y. C. 2003. Pemetaan zon air masin, air payau dan air tawar serta pengelasan air tanah dengan kaedah analisis kimia air di kawasan Kerpan, Kedah Darul Aman. *Disertasi sarjanamuda*, Program Geologi, Universiti Kebangsaan Malaysia.

Pusat Pengajian Sains Sekitaran & Sumber Alam  
Fakulti Sains & Teknologi  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 Bangi, Selangor D. E.  
Malaysia

Diserahkan: 13 Mac 2007  
Diterima : 12 Mei 2007

